

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-244320

(P2001-244320A)

(43) 公開日 平成13年9月7日 (2001.9.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テームト\* (参考)

H01L 21/68

H01L 21/68

R 3C016

B23Q 3/15

B23Q 3/15

D 3K034

H01L 21/66

H01L 21/66

B 3K092

H05B 3/12

H05B 3/12

A 4M106

3/18

3/18

5F031

審査請求 有 請求項の数 5 OL (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2000-49482(P2000-49482)

(71) 出願人 000000158

イビデン株式会社

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(22) 出願日

平成12年2月25日 (2000.2.25)

(72) 発明者 平松 靖二

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内

(72) 発明者 伊藤 康隆

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内

(74) 代理人 100086586

弁理士 安富 康男 (外2名)

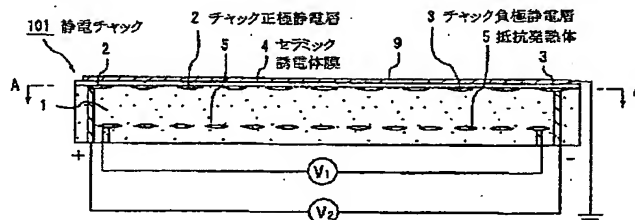
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミック基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 均熱性、耐熱衝撃性に優れ、静電チャックと  
して場合は、チャック力も大きいセラミック基板を提供  
すること。

【解決手段】 セラミック基板の内部に導体層が形成さ  
れてなるセラミック基板において、前記導体層の端部の  
断面は、尖頭状であることを特徴とするセラミック基  
板。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セラミック基板の内部に導体層が形成されてなるセラミック基板において、前記導体層の端部の断面は、尖頭状であることを特徴とするセラミック基板。

【請求項 2】 前記導体層は、抵抗発熱体であり、ホットプレートとして機能する請求項 1 に記載のセラミック基板。

【請求項 3】 前記導体層は、静電電極であり、静電チャックとして機能する請求項 1 または 2 に記載のセラミック基板。

【請求項 4】 前記導体層は、0.1～200 $\mu$ m の幅の尖頭状部を有する請求項 1～3 のいずれか 1 に記載のセラミック基板。

【請求項 5】 セラミックグリーンシートに導体層を印刷し、別のグリーンシートと加熱しながら加圧して一体化し、ついでセラミックを焼結させることを特徴とするセラミック基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主に半導体産業において使用されるセラミック基板に関し、特には、ホットプレート、静電チャック、ウエハプロバ等に好適であり、耐熱衝撃性、均熱性、チャック力等に優れたセラミック基板に関する。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0002】

【従来の技術】半導体は種々の産業において必要とされる極めて重要な製品であり、半導体チップは、例えば、シリコン単結晶を所定の厚さにスライスしてシリコンウエハを作製した後、このシリコンウエハに複数の集積回路等を形成することにより製造される。

【0003】この半導体チップの製造工程においては、静電チャック上に載置したシリコンウエハに、エッチング、CVD等の種々の処理を施して、導体回路や素子等を形成する。その際に、デポジション用ガス、エッチング用ガス等として腐食性のガスを使用するため、これらのガスによる腐食から静電電極層を保護する必要がある。また、吸着力を誘起する必要があるため、静電電極層は、通常、セラミック誘電体膜等により被覆されている。このセラミック基板としては、特許掲載公報第 2798570 号や特許掲載公報第 2513995 号、特開平 11-74064 号公報などに、グリーンシートにタングステン (W) などの金属ペーストを印刷して積層したヒータ付き静電チャックが記載されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような方法により製造されたセラミック基板では、熱衝撃を加えると抵抗発熱体などの導体層の端部からクラックが発生したり、あるいは発熱体にそって高温領域が生じ

てしまうなどの問題が発生した。さらに、チャック力にもばらつきが生じて十分な吸着力が得られなかった。また、内部の電極や抵抗発熱体については、電極や抵抗発熱体間の高温でのリーク電流が問題となる。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、静電電極、RF電極、抵抗発熱体を構成する導体層の断面の端部を、尖頭状にすることで、これらの問題を解決できることを新規に見出し、本発明を完成させるに至った。

【0006】すなわち、本発明は、セラミック基板の内部に導体層が形成されてなるセラミック基板において、上記導体層の端部の断面は、尖頭状であることを特徴とするセラミック基板である。

【0007】本発明のセラミック基板において、上記導体層が抵抗発熱体である場合には、ホットプレートとして機能し、上記導体層が静電電極である場合には、静電チャックとして機能する。本発明のセラミック基板は、150℃以上の温度で使用されることが望ましく、200℃以上の温度で使用されることが最も望ましい。

【0008】また、上記セラミック基板において、上記導体層は、0.1～200 $\mu$ m の幅の尖頭状部を有することが望ましく、5～100 $\mu$ m の幅の尖頭状部を有することがより望ましい。また、上記セラミック基板を製造する際には、セラミックグリーンシートに導体層を印刷し、別のグリーンシートと加熱しながら加圧して一体化し、ついでセラミックを焼結させる方法をとることが望ましい。

【0009】本発明で用いるセラミック基板に埋設された導体層が静電チャックのチャック力を誘起するための電極、すなわち静電電極である場合には、電極の端部が尖頭状であるため、この端部に沿って電界が集中し、大きなチャック力が誘引されると考えられる。

【0010】また、熱衝撃によりクラックが発生する理由について解析したところ、従来の印刷方法等を用いて製造された導体層は、断面が概ね長方形であり、ウエハ処理面（半導体ウエハを加熱、保持、吸着する面）に垂直な面を持っている。また、導体層とセラミック基板を構成するセラミックとの熱膨張係数が異なる。そのため、セラミック基板が加熱されたり、冷却されたりすると、導体層のウエハ処理面に垂直な面とセラミックとの間を引き離す力が加わり、この力のためにクラックが発生しやすくなると考えられる。しかしながら、本発明のセラミック基板では、導体層に、ウエハ処理面と垂直な面が存在しないため、クラックが発生しにくい。

【0011】さらに、抵抗発熱体に沿って高温領域が生じるのは、抵抗発熱体のうちウエハの処理面に垂直な面と水平な面の交線部分が蓄熱されやすいためではないかと考えられる。このような蓄熱現象が生じる理由は定かではないが、抵抗発熱体のうちウエハの処理面に垂直な

面と水平な面の両方から熱が放出伝搬され、これらの熱が丁度交線部分で交差するからではないかと推定される。しかしながら、本発明のセラミック基板では、ウエハ処理面に垂直な面が存在しないため、このような蓄熱現象は生じず、ウエハ処理面における均熱性に優れる。さらに、セラミック基板の内部に電極（ウエハプローバのガード電極、グランド電極、静電チャックの電極、RF電極等）、抵抗発熱体などの導体層を有する場合、導体層のウエハ処理面に垂直な面が存在すると、この面同士が対向することになり、高温でのリーク電流が発生しやすくなる。本発明では、導体層の端面断面が尖頭状になっており、面同士が対向しないため、高温でのリーク電流が発生しにくい。本発明のセラミック基板は、150℃以上、望ましくは200℃以上の温度領域で使用する。

【0012】本発明の導体層は、静電電極、抵抗発熱体、RF電極であってもよく、ウエハプローバで使用されるガード電極、グランド電極であってもよい。

【0013】上記導体層は、0.1~200 $\mu$ mの幅の尖頭状部を有することが望ましい。上記尖頭状部の幅が200 $\mu$ mを超えると抵抗値にばらつきを生じてしまい、一方、0.1 $\mu$ m未満であると上記クラック防止等の効果が発生しないからである。尖頭状部の幅は、特に、5~100 $\mu$ mが最適である。また、尖頭状部の曲率半径は、0.5~500 $\mu$ mが最適である。

【0014】本発明のセラミック基板では、最大気孔の気孔径が50 $\mu$ m以下であることが望ましく、気孔率は5%以下が望ましい。また、上記セラミック基板には、気孔が全く存在しないか、気孔が存在する場合は、その最大気孔の気孔径は、50 $\mu$ m以下であることが望ましい。

【0015】気孔が存在しない場合は、高温での耐電圧が特に高くなり、逆に気孔が存在する場合は、破壊靱性値が高くなる。このためどちらの設計にするかは、要求特性によって変わるものである。気孔の存在によって破壊靱性値が高くなる理由が明確ではないが、クラックの進展が気孔によって止められるからであると推定している。

【0016】本発明で、最大気孔の気孔径が50 $\mu$ m以下であることが望ましいのは、気孔径が50 $\mu$ mを超えると高温、特に200℃以上での耐電圧特性を確保するのが難しくなるからである。最大気孔の気孔径は、10 $\mu$ m以下が望ましい。200℃以上での反り量が小さくなるからである。

【0017】気孔率や最大気孔の気孔径は、焼結時の加圧時間、圧力、温度、SiCやBNなどの添加物で調整する。SiCやBNは焼結を阻害するため、気孔を導入させることができる。

【0018】最大気孔の気孔径を測定する際には、試料を5個用意し、その表面を鏡面研磨し、2000~50

00倍の倍率で表面を電子顕微鏡で10箇所撮影する。そして、撮影された写真で最大の気孔径を選び、50ショットの平均を最大気孔の気孔径とする。

【0019】気孔率は、アルキメデス法により測定する。焼結体を粉砕して有機溶媒中あるいは水銀中に粉砕物を入れて体積を測定し、粉砕物の重量と体積から真比重を求め、真比重と見かけの比重から気孔率を計算するのである。

【0020】本発明のセラミック基板の直径は200mm以上が望ましい。特に12インチ（300mm）以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。

【0021】本発明のセラミック基板の厚さは、5.0mm以下が望ましく、特に2.5mm以下が望ましい。セラミック基板の厚さが2.5mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きすぎる場合があり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下してしまう場合があるからである。セラミック基板の厚さは、特に5mm以下が最適である。なお、セラミック基板の厚さは、1mm以上が望ましい。

【0022】本発明のセラミック基板を構成するセラミック材料は特に限定されず、例えば、窒化物セラミック、炭化物セラミック、酸化物セラミック等が挙げられる。

【0023】上記窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素等が挙げられる。また、上記炭化物セラミックとしては、金属炭化物セラミック、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。

【0024】上記酸化物セラミックとしては、金属酸化物セラミック、例えば、アルミナ、ジルコニア、コーゼライト、ムライト等が挙げられる。これらのセラミックは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0025】これらのセラミックの中では、窒化物セラミック、酸化物セラミックが好ましい。また、窒化物セラミックの中では窒化アルミニウムが最も好適である。熱伝導率が180W/m・Kと最も高いからである。

【0026】上記セラミック基板は、0.1~5重量%の酸素を含有していることが望ましい。この場合、例えば、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、耐電圧が向上するからである。0.1重量%未満では、耐電圧を確保することができず、逆に5重量%を超えると酸化物の高温耐電圧特性の低下により、耐電圧はやはり低下してしまうからである。また、酸素量が5重量%を超えると熱伝導率が低下して昇温降温特性が低下するからである。

【0027】例えば、上記窒化物セラミックに酸素を含

有させるためには、通常、窒化物セラミックを酸化性雰囲気中で焼成するか、または、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。酸化物セラミックの場合には、他の酸化物を混入し、複合酸化物とする。上記金属酸化物としては、例えば、イットリア ( $Y_2O_3$ )、アルミナ ( $Al_2O_3$ )、酸化ルビジウム ( $Rb_2O$ )、酸化リチウム ( $Li_2O$ )、炭酸カルシウム ( $CaCO_3$ ) 等が挙げられる。これらの金属酸化物の含有量は、0.1~20重量%が好ましい。

【0028】本発明では、セラミック基板中に5~5000ppmのカーボン含有していることが望ましい。カーボン含有させることにより、セラミック基板を黒色化することができ、ヒータとして使用する際に輻射熱を十分に利用することができるからである。カーボンは、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温における体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができるからである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、50~2000ppmがより好ましい。

【0029】セラミック基板にカーボン含有させる場合には、その明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN4以下となるようにカーボン含有させることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。

【0030】ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0~N10の記号で表示したものである。実際の明度の測定は、N0~N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明のセラミック基板は、半導体の製造や半導体の検査を行うための装置に用いられるセラミック基板であり、具体的な装置としては、例えば、静電チャック、ホットプレート（セラミックヒータ）、ウエハプローバなどが挙げられる。

【0032】上記セラミック基板の内部に形成された導電体が抵抗発熱体である場合には、セラミックヒータ（ホットプレート）として使用することができる。図1は、本発明のセラミック基板の一実施形態であるセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図であり、図2は、図1に示したセラミックヒータの一部を示す部分拡大断面図である。

【0033】セラミック基板11は、円板形状に形成されており、セラミック基板11の内部には、温度制御手段としての抵抗発熱体12が同心円状のパターンに形成

されている。また、これら抵抗発熱体12は、互いに近い二重の同心円同士が1組の回路として、1本の線になるように接続され、その回路の両端部に入出力の端子となる外部端子13がスルーホール19を介して接続されている。また、図2に示すように、抵抗発熱体12の両端部の断面は、尖頭状となっており、このため、セラミック基板11には、熱衝撃等によるクラックが発生しにくく、抵抗発熱体12の端部に蓄熱現象が発生することなく、また、ウエハ処理面に温度分布が発生せず、均一な温度になる。

【0034】また、図2に示すように、セラミック基板11には貫通孔15が設けられ、この貫通孔15に支持ピン26が挿通され、シリコンウエハ9が保持されている。そして、この支持ピン26を上下することにより、搬送機からシリコンウエハ9を受け取ったり、シリコンウエハ9をセラミック基板11のウエハ処理面11a上に載置して加熱したり、シリコンウエハ9をウエハ処理面11aから一定の間隔で離間させた状態で支持し、加熱したりすることができる。また、セラミック基板11の底面11aには、熱電対等の測温素子を挿入するための有底孔14が設けられている。そして、抵抗発熱体12に通電すると、セラミック基板11は加熱され、これによりシリコンウエハ等の被加熱物の均一な加熱を行うことができる。

【0035】セラミックヒータの場合には、端部の断面が尖頭状の抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設けることにより、この抵抗発熱体が上述した本発明の効果を有する。また、後述する静電チャックやウエハプローバの場合には、抵抗発熱体をセラミック基板の底面に設けてもよい。この場合には、静電電極、ガード電極、グランド電極等の端部の断面を尖頭状とすることにより、これらの電極が上述した本発明の効果を有する。

【0036】セラミック基板の内部に抵抗発熱体を設ける場合は、セラミック基板を嵌め込む支持容器に、冷却手段としてエアー等の冷媒の吹きつけ口などを設けてもよい。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設ける場合には、複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは相互に補完するように形成されて、加熱面からみるとどこかの層にパターンが形成された状態が望ましい。例えば、互いに千鳥の配置になっている構造である。

【0037】抵抗発熱体は、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケル等の金属、または、タングステン、モリブデンの炭化物等の導電性セラミックからなるものであることが望ましい。抵抗値を高くすることが可能となり、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くすることができるとともに、酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0038】また、抵抗発熱体は、セラミック基板全体

の温度を均一にする必要があることから、図1に示すような同心円形状のパターンや同心円形状のパターンと屈曲線形状のパターンとを組み合わせたものが好ましい。また、抵抗発熱体の厚さは、 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ が望ましく、その幅は、 $5 \sim 20 \text{mm}$ が好ましい。また、この抵抗発熱体は、 $0.1 \sim 200 \mu\text{m}$ の幅の尖頭状部を有することが望ましい。

【0039】抵抗発熱体の厚さや幅を変化させることにより、その抵抗値を変化させることができるが、上記範囲が最も実用的だからである。抵抗発熱体の抵抗値は、薄く、また、細くなるほど大きくなる。

【0040】なお、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が近くなり、表面の温度の均一性が低下するため、抵抗発熱体自体の幅を広げる必要がある。また、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を設けるため、セラミック基板との密着性を考慮する必要性がなくなる。

【0041】抵抗発熱体は、断面が方形、楕円形、紡錘形、蒲鋒形状のいずれでもよいが、扁平なものであることが望ましく、端部の断面が尖頭状であることが望ましい。扁平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面への熱伝搬量を多くすることができ、加熱面の温度分布ができにくいからである。なお、抵抗発熱体は螺旋形状でもよい。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成するには、底面から厚さ方向に60%までの領域に形成することが望ましい。加熱面の温度分布をなくし、半導体ウエハを均一に加熱することができるからである。なお、半導体ウエハなどの被加熱物を直接加熱面に載置して加熱することもできる。また、被加熱物を、加熱面から $50 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度離間させて保持し、加熱することもできる。

【0042】本発明の半導体装置用セラミック基板の底面または内部に抵抗発熱体を形成するためには、金属や導電性セラミックからなる導電ペーストを用いることが好ましい。即ち、セラミック基板の底面に抵抗発熱体を形成する場合には、通常、焼成を行って、セラミック基板を製造した後、その表面に上記導電ペースト層を形成し、焼成することにより、抵抗発熱体を形成する。一方、図1、2に示すようにセラミック基板11の内部に抵抗発熱体12を形成する場合には、グリーンシート上に上記導電ペースト層を形成した後、別のグリーンシートと加熱しながら加圧し、一体化させてグリーンシートの積層体を作製する。このときに、乾燥後の導電ペーストがある程度変形しやすくなる程度の温度まで加熱を行うことにより、端部が尖頭状の導電ペースト層を形成することができる。この後、積層体を焼成することにより、端部の断面が尖頭状の抵抗発熱体をセラミック基板の内部に作製することができる。

【0043】上記導電ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するため金属粒子または導電性セラ

ミック粒子が含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0044】上記金属粒子や導電性セラミック粒子の材料としては、上述したものが挙げられる。これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、 $0.1 \sim 100 \mu\text{m}$ が好ましい。 $0.1 \mu\text{m}$ 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、 $100 \mu\text{m}$ を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【0045】上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。

【0046】上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体とセラミック基板との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができると有利である。

【0047】上記導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等が挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコール等が挙げられる。増粘剤としては、セルロース等が挙げられる。

【0048】抵抗発熱体用の導体ペーストをセラミック基板の表面に形成する際には、上記導体ペースト中に上記金属粒子のほかに金属酸化物を添加し、上記金属粒子および上記金属酸化物を焼結させたものとするのが好ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板と金属粒子とをより密着させることができる。

【0049】上記金属酸化物を混合することにより、セラミック基板との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や非酸化物からなるセラミック基板の表面は、その表面がわずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子とセラミックとが密着するのではないかと考えられる。また、セラミック基板を構成するセラミックが酸化物の場合は、当然に表面が酸化物からなるので、密着性に優れた導体層が形成される。

【0050】上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素( $\text{B}_2\text{O}_3$ )、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善することができるからである。

【0051】上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素( $\text{B}_2\text{O}_3$ )、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が $1 \sim 10$ 、シリカが $1 \sim 30$ 、酸化ホウ素が $5 \sim 50$ 、酸化亜鉛が $20 \sim 70$ 、アルミナが1

～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが好ましい。これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特にセラミック基板との密着性を改善することができる。

【0052】上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して抵抗発熱体を形成した際の面積抵抗率は、1～45mΩ/□が好ましい。

【0053】面積抵抗率が45mΩ/□を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、表面に抵抗発熱体を設けた半導体装置用セラミック基板では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が50mΩ/□を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【0054】抵抗発熱体がセラミック基板の表面に形成される場合には、抵抗発熱体の表面部分に、金属被覆層が形成されていることが好ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化することを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、0.1～10μmが好ましい。

【0055】上記金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケル等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。

【0056】上記セラミック基板の内部に形成された導電体が静電電極層である場合には、上記セラミック基板は、静電チャックとして使用することができる。この場合、RF電極や抵抗発熱体が静電電極の下部であって、セラミック基板内に導電体として形成されていてもよい。図3は、本発明に係る静電チャックの一実施形態を模式的に示した縦断面図であり、図4は、図3に示した静電チャックにおけるA-A線断面図である。

【0057】この静電チャック101では、円板形状のセラミック基板1の内部に、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とからなる静電電極層が埋設されており、この静電電極層の上に薄いセラミック層4（以下、セラミック誘電体膜という）が形成されている。また、静電チャック101上には、シリコンウエハ9が載置され、接地されている。

【0058】図4に示したように、チャック正極静電層2は、半円弧状部2aと櫛歯部2bとからなり、チャック負極静電層3も、同じく半円弧状部3aと櫛歯部3bとからなり、これらのチャック正極静電層2とチャック

負極静電層3とは、櫛歯部2b、3bを交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3には、それぞれ直流電源の+側と-側とが接続され、直流電圧V<sub>2</sub>が印加されるようになっている。そして、図3に示したように、抵抗発熱体5と、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3を構成する半円弧状部2a、3aおよび櫛歯部2b、3bとの端部の断面は、尖頭状となっている。

【0059】また、セラミック基板1の内部には、シリコンウエハ9の温度をコントロールするために、図1に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体5が設けられており、抵抗発熱体5の両端には、外部端子が接続、固定され、電圧V<sub>1</sub>が印加されるようになっている。図3、4には示していないが、このセラミック基板1には、図1、2に示したように、測温素子を挿入するための有底孔とシリコンウエハ9を支持して上下させる支持ピン（図示せず）を挿通するための貫通孔が形成されている。なお、抵抗発熱体は、セラミック基板の底面に形成されていてもよい。

【0060】この静電チャック101を機能させる際には、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とに直流電圧V<sub>2</sub>を印加する。これにより、シリコンウエハ9は、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜4を介して吸着され、固定されることとなる。このようにしてシリコンウエハ9を静電チャック101上に固定させた後、このシリコンウエハ9に、CVD等の種々の処理を施す。本発明に係る静電チャック101では、チャック正負曲静電層2、3の端部の断面が尖頭状であるので、この端部に沿って電界が集中し、大きなチャック力が誘引される。また、チャック正負曲静電層2、3や抵抗発熱体5の端部の断面が尖頭状であるので、クラックが発生しにくく、抵抗発熱体5の端部に蓄熱現象が発生しない。

【0061】上記静電チャック101では、セラミック誘電体膜4は、酸素を含有する窒化物セラミックからなり、また、気孔率が5%以下であり、最大の気孔径が50μm以下であることが望ましい。また、このセラミック誘電体膜4中の気孔は、お互いに独立した気孔により構成されていることが望ましい。このような構成のセラミック誘電体膜4では、耐電圧を低下させるガス等がセラミック誘電体膜を透過して静電電極を腐食させたり、高温でもセラミック誘電体膜の耐電圧が低下することがない。

【0062】温度制御手段としては、抵抗発熱体12のほかに、ペルチェ素子（図7参照）が挙げられる。温度制御手段としてペルチェ素子を使用する場合は、電流の流れる方向を変えることにより発熱、冷却両方行うことができるため有利である。ペルチェ素子8は、図7に示すように、p型、n型の熱電素子81を直列に接続し、



これをセラミック板 82 などに接合させることにより形成される。ペルチェ素子としては、例えば、シリコン・ゲルマニウム系、ビスマス・アンチモン系、鉛・テルル系材料等が挙げられる。

【0063】本発明の静電チャックは、例えば、図 3、4 に示したような構成を有するものである。セラミック基板の材料等については、既に説明したが、以下においては、その他の上記静電チャックを構成する各部材、および、本発明の静電チャックの他の実施形態について、順次、詳細に説明していく。

【0064】本発明の静電チャックを構成するセラミック誘電体膜の材料は、特に限定されず、酸化物セラミック、窒化物セラミック、酸化物セラミック等が挙げられるが、これらのなかでは窒化物セラミックが好ましい。上記窒化物セラミックとしては、上記セラミック基板と同様のものが挙げられる。上記窒化物セラミックは、酸素を含有していることが望ましい。この場合、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、耐電圧が向上する。

【0065】上記窒化物セラミックに酸素を含有させるため、通常、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。上記金属酸化物としては、アルミナ ( $Al_2O_3$ )、酸化珪素 ( $SiO_2$ ) 等が挙げられる。これらの金属酸化物の添加量は、窒化物セラミック 100 重量部に対して、0.1~10 重量部が好ましい。

【0066】セラミック誘電体膜の厚さを、50~500  $\mu m$  とすることで、チャック力を低下させずに十分な耐電圧を確保することができる。上記セラミック誘電体膜の厚さが 50  $\mu m$  未満であると、膜厚が薄すぎるために十分な耐電圧が得られず、シリコンウエハを載置し、吸着した際にセラミック誘電体膜が絶縁破壊する場合があります。一方、上記セラミック誘電体膜の厚さが 500  $\mu m$  を超えると、シリコンウエハと静電電極との距離が遠くなるため、シリコンウエハを吸着する能力が低くなってしまいます。セラミック誘電体膜の厚さは、100~1500  $\mu m$  が好ましい。

【0067】上記セラミック誘電体膜の気孔率は、5% 以下、最大気孔の気孔径は、50  $\mu m$  以下が好ましい。上記気孔率が 5% を超えると、気孔数が増え、また、気孔径が大きくなりすぎ、その結果、気孔同士が連通しやすくなる。このような構造のセラミック誘電体膜では、耐電圧が低下してしまう。さらに、最大気孔の気孔径が 50  $\mu m$  を超えると、酸化物が粒子境界に存在していても、高温での耐電圧を確保できない。気孔率は、0.01~3% が好ましく、最大気孔の気孔径は、0.1~10  $\mu m$  が好ましい。

【0068】上記セラミック誘電体膜中には、カーボンが 50~5000 ppm 含有されていることが望まし

い。静電チャック中に設けられた電極パターンを隠蔽することができ、かつ、高輻射熱が得られるからである。また、体積抵抗率が低い方が、低温域においては、シリコンウエハの吸着能力が高くなる。

【0069】なお、本発明で、セラミック誘電体膜中にある程度の気孔が存在してもよいとしているのは、破壊靱性値を高くすることができるからであり、これにより熱衝撃性を改善することができる。

【0070】上記静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも 1 種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として十分な導電性を有するからである。この場合には、金属箔の端部を加熱、加圧するか、あるいは、化学的、物理的なエッチングを行うことにより、尖頭状にしておく。化学的なエッチングとしては、酸、アルカリ水溶液によるエッチングが挙げられ、物理的なエッチングとしては、イオンビームエッチング、プラズマエッチングなどが挙げられる。また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも 1 種を使用することができる。

【0071】図 9 および図 10 は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図 9 に示す静電チャック 20 では、セラミック基板 1 の内部に半円形状のチャック正極静電層 22 とチャック負極静電層 23 が形成されており、図 10 に示す静電チャックでは、セラミック基板 1 の内部に円を 4 分割した形状のチャック正極静電層 32a、32b とチャック負極静電層 33a、33b が形成されている。また、2 枚の正極静電層 22a、22b および 2 枚のチャック負極静電層 33a、33b は、それぞれ交差するように形成されている。

【0072】これらの静電電極の端部の断面も尖頭状であり、そのため、静電電極の端部に沿って電界が集中し、大きなチャック力が誘引される。また、セラミック基板にクラックが発生しにくい。なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5 分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0073】本発明における静電チャックとしては、例えば、図 3 に示すように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の内部には抵抗発熱体 5 が設けられた構成の静電チャック 101、図 5 に示すように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の底面に抵抗発熱体 25 が設けられた構成の静電チャック 201、

図6に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体である金属線7が埋設された構成の静電チャック301、図7に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の底面に熱電素子81とセラミック板82からなるペルチェ素子8が形成された構成の静電チャック401等が挙げられる。これらの静電チャックにおいて、静電電極層の端部の断面は、いずれも尖頭状であり、このため、大きなチャック力が誘引され、セラミック基板にクラックが発生しにくい。

【0074】本発明では、図3～7に示したように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体5や金属線7が形成されているため、これらと外部端子とを接続するための接続部（スルーホール）16、17が必要となる。スルーホール16、17は、タングステンペースト、モリブデンペーストなどの高融点金属、タングステンカーバイド、モリブデンカーバイドなどの導電性セラミックを充填することにより形成される。

【0075】また、接続部（スルーホール）16、17の直径は、0.1～10mmが望ましい。断線を防止しつつ、クラックや歪みを防止できるからである。このスルーホールを接続パッドとして外部端子6、18を接続する（図8（d）参照）。

【0076】接続は、半田、ろう材により行う。ろう材としては銀ろう、パラジウムろう、アルミニウムろう、金ろうを使用する。金ろうとしては、Au-Ni合金が望ましい。Au-Ni合金は、タングステンとの密着性に優れるからである。

【0077】Au/Niの比率は、〔81.5～82.5（重量%）〕／〔18.5～17.5（重量%）〕が望ましい。Au-Ni層の厚さは、0.1～50μmが望ましい。接続を確保するに充分な範囲だからである。また、 $10^{-6}$ ～ $10^{-5}$ Paの高真空で500～1000℃の高温で使用するとAu-Cu合金では劣化するが、Au-Ni合金ではこのような劣化がなく有利である。また、Au-Ni合金中の不純物元素量は全量を100重量部とした場合に1重量部未満であることが望ましい。

【0078】本発明では、必要に応じて、セラミック基板の有底孔に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるからである。熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によ

って、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流値に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウエハの加熱面の温度分布が小さくなるのである。上記熱電対としては、例えば、JISC-1602（1980）に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。

【0079】図11は、以上のような構成の本発明の静電チャックを嵌め込むための支持容器41を模式的に示した断面図である。支持容器41には、静電チャック101が断熱材45を介して嵌め込まれるようになっている。また、この支持容器11には、冷媒吹き出し口42が形成されており、冷媒注入口44から冷媒が吹き込まれ、冷媒吹き出し口42を通過して吸引口43から外部に出ていくようになっており、この冷媒の作用により、静電チャック101を冷却することができるようになっている。

【0080】次に、本発明のセラミック基板を一例である静電チャックの製造方法の一例を図8（a）～（d）に示した断面図に基づき説明する。

（1）まず、窒化物セラミック、炭化物セラミックなどのセラミックの粉体をバインダおよび溶剤と混合してグリーンシート50を得る。前述したセラミック粉体としては、例えば、酸素を含有する窒化アルミニウム粉末などを使用することができる。また、必要に応じて、アルミナやイオウなどの焼結助剤を加えてもよい。

【0081】なお、後述する静電電極層印刷体51が形成されたグリーンシートの上に積層する数枚または1枚のグリーンシート50'は、セラミック誘電体膜4となる層であるので、必要により、セラミック基板とは別の組成としてもよい。ただし、通常、セラミック誘電体膜4の原料とセラミック基板1の原料とは、同じものを使用することが望ましい。これらは、一体として焼結することが多いため、焼成条件が同じになるからである。ただし、材料が異なる場合には、まず先にセラミック基板を製造しておき、その上に静電電極層を形成し、さらにその上にセラミック誘電体膜を形成することもできる。

【0082】また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。さらに、溶媒としては、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート50を作製する。

【0083】グリーンシート50に、必要に応じ、シリコンウエハの支持ピンを挿入する貫通孔、熱電対を埋め込む凹部、スルーホールを形成する部分等に貫通孔を設けておくことができる。貫通孔は、パンチングなどにより形成することができる。グリーンシート50の厚さは、0.1～5mm程度が好ましい。



【0084】次に、グリーンシート50の貫通孔に導体ペーストを充填し、スルーホール印刷体53、54を得、次に、グリーンシート50上に静電電極層や抵抗発熱体となる導体ペーストを印刷する。印刷は、グリーンシート50の収縮率を考慮して所望のアスペクト比が得られるように行い、これにより静電電極層印刷体51、抵抗発熱体層印刷体52を得る。印刷体は、導電性セラミック、金属粒子などを含む導電性ペーストを印刷することにより形成する。

【0085】これらの導電性ペースト中に含まれる導電性セラミック粒子としては、タングステンまたはモリブデンの炭化物が最適である。酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。また、金属粒子としては、例えば、タングステン、モリブデン、白金、ニッケルなどを使用することができる。

【0086】導電性セラミック粒子、金属粒子の平均粒子径は0.1~5 $\mu\text{m}$ が好ましい。これらの粒子は、大きすぎても小さすぎても導体用ペーストを印刷しにくいからである。このようなペーストとしては、金属粒子または導電性セラミック粒子85~97重量部、アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブおよびポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5~10重量部、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコール、エチルアルコールおよびブタノールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5~10重量部混合して調製した導体用ペーストが最適である。

【0087】次に、図8(a)に示すように、印刷体51、52、53、54を有するグリーンシート50と、印刷体を有さないグリーンシート50'とを積層する。抵抗発熱体形成側に印刷体を有さないグリーンシート50'を積層するのは、スルーホールの端面が露出して、抵抗発熱体形成の焼成の際に酸化してしまうことを防止するためである。もしスルーホールの端面が露出したまま、抵抗発熱体形成の焼成を行うのであれば、ニッケルなどの酸化しにくい金属をスパッタリングする必要があり、さらに好ましくは、Au-Niの金ろうで被覆してもよい。

【0088】(2)次に、図8(b)に示すように、積層体の加熱および加圧を行い、グリーンシートの積層体を形成する。このとき、導体ペースト層は加圧されるため、適当なバインダーを含有する導体ペースト層を形成しておく、端部の断面が尖頭状となる。積層体の加熱温度は、50~300℃が好ましく、加圧の際の圧力は、20~200 $\text{kg}/\text{cm}^2$ が好ましい。その後、グリーンシートおよび導電ペーストを焼結させる。焼成の際の温度は、1000~2000℃、焼成の際の加圧の圧力は100~200 $\text{kg}/\text{cm}^2$ が好ましい。これらの加熱および加圧は、不活性ガス雰囲気で行う。不活性ガスとしては、アルゴン、窒素などを使用することができる。この焼成工程で、スルーホール16、17、端

部の端面が尖頭状のチャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等が形成される。

【0089】(3)次に、図8(c)に示すように、外部端子接続のための袋孔35、36を設ける。袋孔35、36の内壁は、その少なくともその一部が導電化され、導電化された内壁は、チャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等と接続されていることが望ましい。

【0090】(7)最後に、図8(d)に示すように、袋孔35、36に金ろうを介して外部端子6、18を設ける。さらに、必要に応じて、有底孔を設け、その内部に熱電対を埋め込むことができる。半田は銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1~50 $\mu\text{m}$ が望ましい。半田による接続を確保するに十分な範囲だからである。

【0091】なお、上記説明では静電チャック101(図3参照)を例にしたが、静電チャック201(図5参照)を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板の底面に導体ペーストを印刷、焼成し、抵抗発熱体25を形成し、この後、無電解めっき等により金属被覆層25aを形成すればよい。また、静電チャック301(図6参照)を製造する場合は、セラミック粉末中に金属箔、金属線を静電電極や抵抗発熱体にして埋め込み、焼結すればよい。さらに、静電チャック401(図7参照)を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板に溶射金属層を介してペルチェ素子を接合すればよい。

【0092】本発明のセラミック基板の表面および内部に導電体が配設され、表面の導体層がチャックトップ導体層であり、内部の導電体がガード電極またはグランド電極のいずれか少なくとも一方である場合には、上記セラミック基板は、ウエハプローバとして機能する。

【0093】図12は、本発明のウエハプローバの一実施形態を模式的に示した断面図であり、図13は、図12に示したウエハプローバにおけるA-A線断面図である。このウエハプローバ501では、円板形状のセラミック基板63の表面に平面視同心円形状の溝67が形成されるとともに、溝67の一部にシリコンウエハを吸引するための複数の吸引孔68が設けられており、溝67を含むセラミック基板63の大部分にシリコンウエハの電極と接続するためのチャックトップ導体層62が円形状に形成されている。

【0094】一方、セラミック基板63の底面には、シリコンウエハの温度をコントロールするために、図1に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体61が設けられており、抵抗発熱体61の両端には、外部端子(図示せず)が接続、固定されている。また、セラミック基板63の内部には、ストレイキャパシタやノイズを除去

するために平面視格子形状のガード電極65とグランド電極66(図13参照)とが設けられている。ガード電極65とグランド電極66の端部の断面は、尖頭状となっており、このため、セラミック基板にクラックが発生しにくい。上記静電チャックにおいて、抵抗発熱体61は、セラミック基板63の内部に設けられていてもよく、この場合に、抵抗発熱体61の端部の断面を尖頭状にすると、セラミック基板にクラックが発生しにくく、抵抗発熱体61の端部に蓄熱現象が発生しにくい。なお、ガード電極65とグランド電極66の材質は、静電電極と同様のものでよい。

【0095】上記チャックトップ導体層62の厚さは、1~20 $\mu\text{m}$ が望ましい。1 $\mu\text{m}$ 未満では抵抗値が高くなりすぎて電極として働かず、一方、20 $\mu\text{m}$ を超えると導体の持つ応力によって剥離しやすくなってしまふからである。

【0096】チャックトップ導体層62としては、例えば、銅、チタン、クロム、ニッケル、貴金属(金、銀、白金等)、タングステン、モリブデンなどの高融点金属から選ばれる少なくとも1種の金属を使用することができる。

【0097】このような構成のウエハプローバでは、その上に集積回路が形成されたシリコンウエハを載置した後、このシリコンウエハにテストピンを持つプローブカードを押しつけ、加熱、冷却しながら電圧を印加して導通テストを行うことができる。なお、ウエハプローバを製造する場合には、例えば、静電チャックの場合と同様に、初めに抵抗発熱体が埋設されたセラミック基板を製造し、その後、セラミック基板の表面に溝を形成し、続いて、溝が形成された表面部分にスパッタリングおよびめっき等を施して、金属層を形成すればよい。

【0098】

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例1) 静電チャック(図3参照)の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1 $\mu\text{m}$ )100重量部、イットリア(平均粒径:0.4 $\mu\text{m}$ )4重量部、アクリルバイнда11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

【0099】(2) 次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0100】(3) 平均粒子径1 $\mu\text{m}$ のタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バイнда3.0重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製し

た。平均粒子径3 $\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系バイнда1.9重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。また、他のグリーンシートに図4に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

【0101】さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。上記処理の終わったグリーンシート50に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート50'を上側(加熱面)に34枚、下側に13枚積層し、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート50を積層し、さらにその上にタングステンペーストを印刷していないグリーンシート50'を2枚積層し、これらを130℃、80kg/cm<sup>2</sup>の圧力で圧着して積層体を形成した(図8(a))。

【0102】(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力150kg/cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6 $\mu\text{m}$ 、幅10mmの抵抗発熱体5および厚さ10 $\mu\text{m}$ のチャック正極静電層2、チャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした(図8(b))。

【0103】(5) 次に、(4)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔(直径:1.2mm、深さ:2.0mm)を設けた。

【0104】(6) さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔35、36とし(図8(c))、この袋孔35、36にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子6、18を接続させた(図8(d))。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0105】(7) 次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有する静電チャックの製造を完了した。得られた静電チャックを構成するセラミック基板を、静電電極層が含まれるように破断させ、その断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。その結果を図14に示す。図14により明らかなように、静電電極層の端部の断面は、尖頭状となっている。

【0106】(比較例1) 実施例1と同様であるが、25℃で加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察(500倍)で観察したところ、静電電極および抵抗発熱体とも断面端部は、ウエハ処理面に垂直な面を

持っていた。

【0107】(実施例2)ウエハブローバ201(図1-2参照)の製造

(1)窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径 $1.1\mu\text{m}$ )1000重量部、イットリア(平均粒径 $0.4\mu\text{m}$ )40重量部および1-ブタノールおよびエタノールからなるアルコール530重量部を混合して得た混合組成物を、ドクターブレード法を用いて成形し、厚さ $0.47\text{mm}$ のグリーンシートを得た。

【0108】(2)次に、このグリーンシートを $80^{\circ}\text{C}$ で5時間乾燥させた後、パンチングにて抵抗発熱体と外部端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔を設けた。

【0109】(3)平均粒子径 $1\mu\text{m}$ のタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.5重量および分散剤0.3重量部を混合して導電性ペーストAとした。また、平均粒子径 $3\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒を3.7重量部、分散剤0.2重量部を混合して導電性ペーストBとした。

【0110】次に、グリーンシートに、この導電性ペーストAを用いたスクリーン印刷で、格子状のガード電極用印刷体、グランド電極用印刷体を印刷した。また、端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔に導電性ペーストBを充填した。

【0111】さらに、印刷されたグリーンシートおよび印刷がされていないグリーンシートを50枚積層して $130^{\circ}\text{C}$ 、 $80\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力で一体化することにより積層体を作製した。

【0112】(4)次に、この積層体を窒素ガス中で $600^{\circ}\text{C}$ で5時間脱脂し、 $1890^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $150\text{kg}/\text{cm}^2$ で3時間ホットプレスし、厚さ $3\text{mm}$ の窒化アルミニウム板状体を得た。得られた板状体を、直径 $300\text{mm}$ の円形状に切り出してセラミック製の板状体とした。スルーホール17の大きさは、直径 $0.2\text{mm}$ 、深さ $0.2\text{mm}$ であった。

【0113】また、ガード電極65、グランド電極66の厚さは $10\mu\text{m}$ 、ガード電極65の形成位置は、ウエハ載置面から $1\text{mm}$ 、グランド電極66の形成位置は、ウエハ載置面から $1.2\text{mm}$ であった。また、ガード電極65およびグランド電極66の導体非形成領域66aの1辺の大きさは、 $0.5\text{mm}$ であった。

【0114】(5)上記(4)で得た板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための凹部およびウエハ吸着用の溝67(幅 $0.5\text{mm}$ 、深さ $0.5\text{mm}$ )を設けた。

【0115】(6)さらに、ウエハ載置面に対向する面に抵抗発熱体61を形成するための層を印刷した。印刷

は導電ペーストを用いた。導電ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導電ペーストは、銀/鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物(それぞれの重量比率は、 $5/55/10/25/5$ )を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであった。また、銀の形状は平均粒径 $4.5\mu\text{m}$ でリン片状のものであった。

【0116】(7)導電ペーストを印刷したセラミック基板63を $780^{\circ}\text{C}$ で加熱焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板63に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル $30\text{g}/\text{l}$ 、ほう酸 $30\text{g}/\text{l}$ 、塩化アンモニウム $30\text{g}/\text{l}$ およびロッシェル塩 $60\text{g}/\text{l}$ を含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴にヒータ板を浸漬して、銀の焼結体空なる抵抗発熱体61の表面に厚さ $1\mu\text{m}$ 、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層(図示せず)を析出させた。この後、ヒータ板は、 $120^{\circ}\text{C}$ で3時間アニーリング処理を施した。銀の焼結体からなる抵抗発熱体は、厚さが $5\mu\text{m}$ 、幅 $2.4\text{mm}$ であり、面積抵抗率が $7.7\text{m}\Omega/\square$ であった。

【0117】(8)溝67が形成された面に、スパッタリング法により、順次、チタン層、モリブデン層、ニッケル層を形成した。スパッタリングのための装置は、日本真空技術株式会社製のSV-4540を使用した。スパッタリングの条件は気圧 $0.6\text{Pa}$ 、温度 $100^{\circ}\text{C}$ 、電力 $200\text{W}$ であり、スパッタリング時間は、30秒から1分の範囲内で、各金属によって調整した。得られた膜の厚さは、蛍光X線分析計の画像から、チタン層は $0.3\mu\text{m}$ 、モリブデン層は $2\mu\text{m}$ 、ニッケル層は $1\mu\text{m}$ であった。

【0118】(9)硫酸ニッケル $30\text{g}/\text{l}$ 、ほう酸 $30\text{g}/\text{l}$ 、塩化アンモニウム $30\text{g}/\text{l}$ およびロッシェル塩 $60\text{g}/\text{l}$ を含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に、上記(8)で得られたセラミック基板63を浸漬し、スパッタリングにより形成された金属層の表面に厚さ $7\mu\text{m}$ 、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層を析出させ、 $120^{\circ}\text{C}$ で3時間アニーリングした。抵抗発熱体表面は、電流を流さず、電解ニッケルめっきで被覆されない。

【0119】さらに、表面にシアン化金カリウム $2\text{g}/\text{l}$ 、塩化アンモニウム $75\text{g}/\text{l}$ 、クエン酸ナトリウム $50\text{g}/\text{l}$ および次亜リン酸ナトリウム $10\text{g}/\text{l}$ を含む無電解金めっき液に、 $93^{\circ}\text{C}$ の条件で1分間浸漬し、ニッケルめっき層上に厚さ $1\mu\text{m}$ の金めっき層を形成した。

【0120】(10)溝67から裏面に抜ける空気吸引孔68をドリル加工により形成し、さらにスルーホール16を露出させるための袋孔(図示せず)を設けた。こ

の袋孔にNi-Au合金(Au81.5重量%、Ni18.4重量%、不純物0.1重量%)からなる金ろうを用い、970℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子ピンを接続させた。また、抵抗発熱体に半田(スズ90重量%/鉛10重量%)を介してコパール製の外部端子ピンを形成した。

【0121】(11)次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、ウエハプロバヒータ201を得た。

【0122】セラミック基板は、最大気孔の気孔径が2μmで、気孔率が1%であった。また、セラミック基板の温度を200℃に上げたが、200V印加しても絶縁破壊は生じなかった。さらに、そり量も1μm以下で良好であった。

【0123】(比較例2)実施例2と同様であるが、25℃で加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察(500倍)で観察したところ、ガード電極およびグランド電極とも断面端部は、ウエハ処理面に垂直な面を持っていた。

【0124】(実施例3)アルミナホットプレート(図1、2参照)

(1)アルミナ:93重量%、SiO<sub>2</sub>:5重量%、CaO:0.5重量%、MgO:0.5重量%、TiO<sub>2</sub>:0.5重量%、アクリルバイнда:11.5重量部、分散剤:0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール:53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

(2)次に、これらのグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、加工が必要なグリーンシートに対し、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0125】(3)平均粒子径3μmのタングステン粒子100重量部、アクリル系バイнда1.9重量部、α-テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。この導電性ペーストBをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。

【0126】(4)さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。抵抗発熱体のパターンが形成されたグリーンシートに、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側(加熱面)に34枚から60枚、下側に13枚から30枚積層し、これらを130℃、80kg/cm<sup>2</sup>の圧力で圧着して積層体を形成した。

【0127】(5)次に、得られた積層体を空气中、600℃で5時間脱脂し、1600℃、圧力150kg/cm<sup>2</sup>

で2時間ホットプレスし、厚さ3mmのアルミナ板状体を得た。加工条件、研磨条件を変えてこれを直径280で厚さ19mmの基板とした。内部に厚さ6μm、幅10mmの抵抗発熱体5を有するアルミナ製の板状体とした。

【0128】(6)次に、(3)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔(直径:1.2mm、深さ:2.0mm)を設けた。

【0129】(7)さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔とし、この袋孔にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子を接続させた。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0130】(8)次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有するホットプレート製造を完了した。

【0131】(比較例3)実施例3と同様であるが、25℃で加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察(500倍)によれば、抵抗発熱体の断面端部は、ウエハ処理面に垂直な面を持っていた。

【0132】(実施例4)窒化アルミニウム製ホットプレート(図1、2参照)

(1)窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1μm)100重量部、イットリア(平均粒径:0.4μm)4重量部、アクリルバイнда11.5重量部、分散剤0.5重量部、アクリル系樹脂バイнда(共栄社製 商品名KC-600 酸価17KOHmg/g)8重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

【0133】(2)次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0134】(3)平均粒子径1μmのタングステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系バイнда3.0重量部、α-テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。平均粒子径3μmのタングステン粒子100重量部、アクリル系バイнда1.9重量部、α-テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。また、他のグリーンシートに図10に示した形状

の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

【0135】さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側（加熱面）に37枚、下側に13枚、130℃、80kg/cm<sup>2</sup>の圧力で積層した。

【0136】（4）次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で1時間脱脂し、1890℃、圧力150kg/cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、カーボンを810ppm含む厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6μm、幅10mmの抵抗発熱体および静電電極を有するセラミック製の板状体とした。

【0137】（5）次に、（4）で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径：1.2mm、深さ：2.0mm）を設けた。

【0138】（6）さらに、スルーホール用の貫通孔の一部をえぐり取って凹部とし、この凹部にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子を接続させた。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0139】（7）次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、セラミックヒータ（ホットプレ

ート）の製造を完了した。

【0140】（比較例4）実施例4と同様であるが、25℃で加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察（500倍）によれば、抵抗発熱体の断面端部は、ウエハ処理面に垂直な面を持っていた。

#### 【0141】評価方法

##### （1）均熱性

サーモビューア（日本データム社製 IR162012-0012）を用いて、セラミック基板のウエハ載置面における各場所での温度を測定し、最低温度と最高温度との温度差を求めた。

##### 【0142】（2）吸着力

450℃まで昇温し、ロードセル（島津製作所社製 オートグラフ AGS-50）を使用して測定した。

##### （3）耐熱衝撃性

200℃まで昇温してこれを水中投入し、クラック発生の有無を調べた。なお、表1中、○は、クラックが発生せず、耐熱衝撃性を有することを示しており、×は、クラックが発生し、耐熱衝撃性がないことを示している。

##### （4）リーク電流

セラミック基板内の本来絶縁されている導体間に1kVの電圧を印加し、300℃でのリーク電流を耐圧試験器（菊水電子工業社製 TOS-5051）またはウルトラハイレジスター（アドバンテスト社製 R8340）を使用して測定した。

#### 【0143】

##### 【表1】

	均熱性 (℃)	吸着力 (g/cm <sup>2</sup> )	耐熱衝撃性	リーク電流 (mA)
実施例1	4	1000	○	4
実施例2	5	——	○	3
実施例3	10	——	○	3
実施例4	4	——	○	4
比較例1	8	800	×	8
比較例2	10	——	×	8
比較例3	20	——	×	6
比較例4	8	——	×	9

【0144】上記表1より明らかなように、実施例1～4に係るセラミック基板は、均熱性、耐熱衝撃性とも非常に優れている。また、実施例1、比較例1からも明らかなように、実施例1に係る静電チャックは、チャック力も大きい。

#### 【0145】

【発明の効果】以上、説明したように、本願発明のセラミック基板は、均熱性、耐熱衝撃性に優れ、上記セラミック基板を静電チャックとして用いた場合には、チャック力も大きくなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のセラミック基板を用いたセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図である。

【図2】図1に示したセラミックヒータの部分拡大断面図である。

【図3】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図4】図3に示したセラミックヒータのA-A線断面図である。

【図5】本発明のセラミック基板を用いた静電チャック

の一例を模式的に示す断面図である。

【図6】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図7】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図8】(a)～(d)は、図5に示した静電チャックの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図9】本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図10】本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図11】本発明に係る静電チャックを支持容器に嵌め込んだ状態を模式的に示した断面図である。

【図12】本発明のセラミック基板を用いたウエハプローバを模式的に示した断面図である。

【図13】図12に示したウエハプローバのガード電極を模式的に示した断面図である。

【図14】実施例1に係る静電チャックを構成するセラミック基板の破壊断面を示したSEM写真である。

#### 【符号の説明】

- 1、11、63 セラミック基板
- 2、22、32a、32b チャック正極静電層
- 3、23、33a、33b チャック負極静電層
- 2a、3a 半円弧状部
- 2b、3b 櫛歯部
- 4 セラミック誘電体膜

5、12、25、61 抵抗発熱体

6、13、18 外部端子

7 金属線

8 ペルチェ素子

9 シリコンウエハ

10 セラミックヒータ

14 有底孔

15 貫通孔

16、17、19 スルーホール

20、30、101、201、301、401 静電チャック

25a 金属被覆層

35、36 袋孔

41 支持容器

42 冷媒吹き出し口

43 吸入口

44 冷媒注入口

45 断熱材

62 チャックトップ導体層

65 ガード電極

66 グランド電極

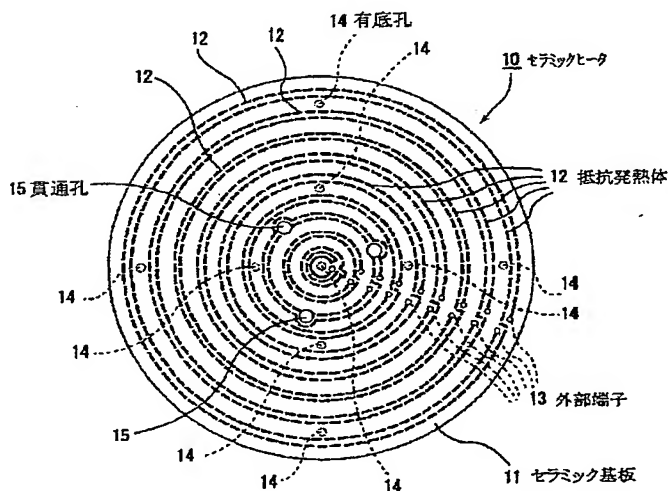
66a 電極非形成領域

67 溝

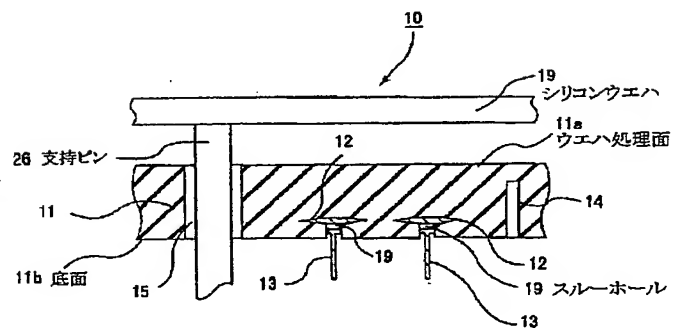
68 吸引孔

501 ウエハプローバ

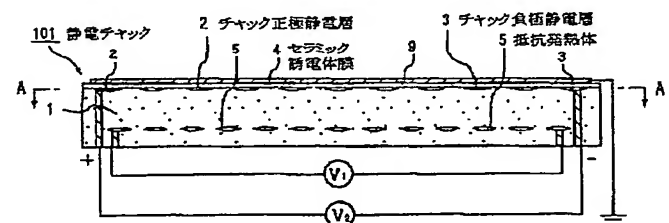
【図1】



【図2】

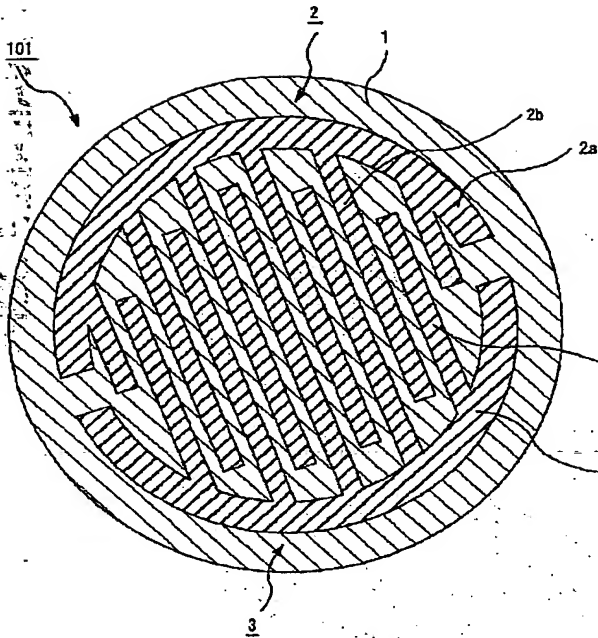


【図3】

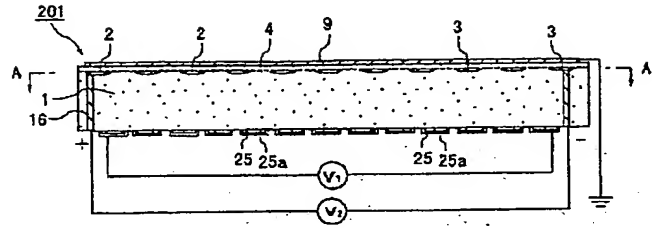




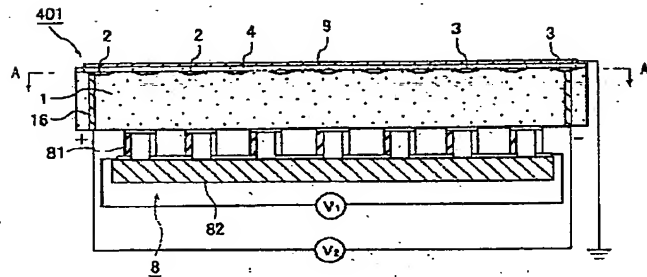
【図4】



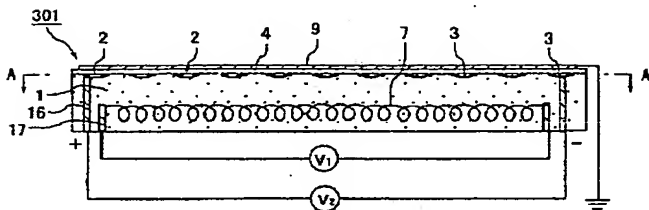
【図5】



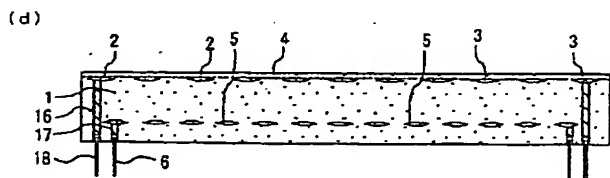
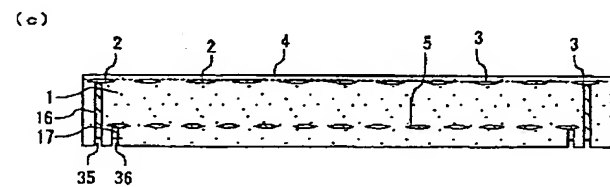
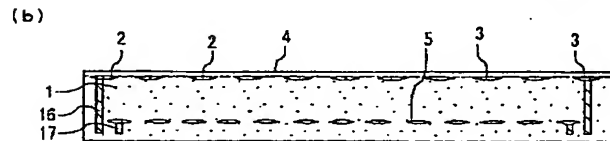
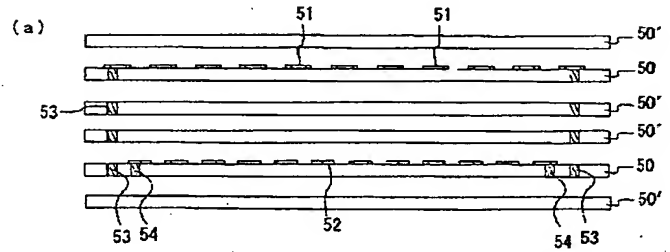
【図7】



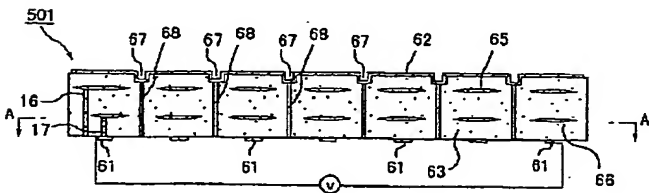
【図6】



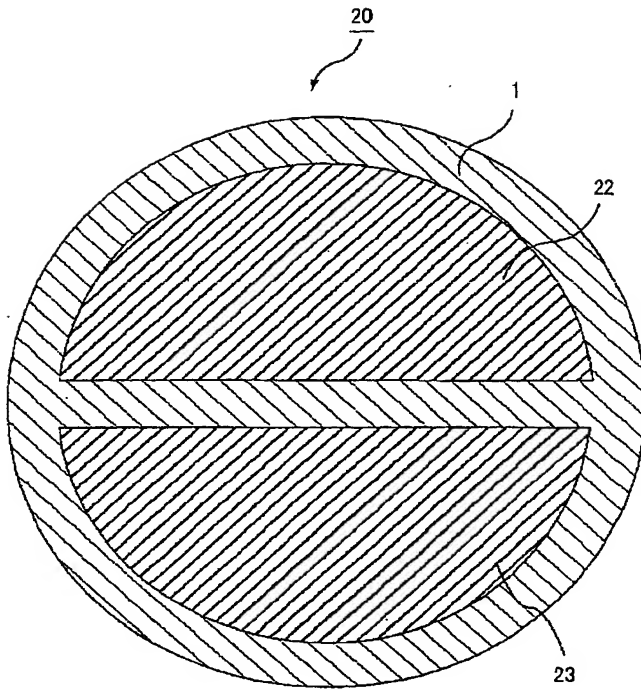
【図8】



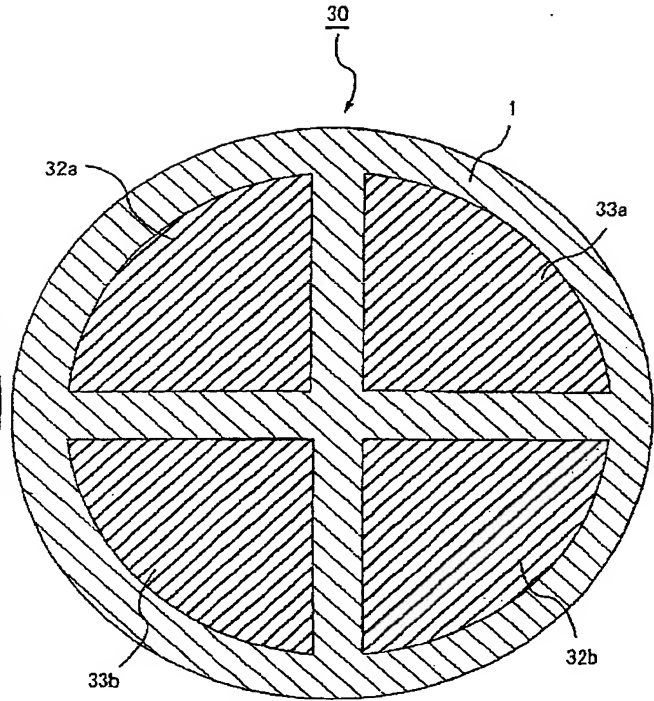
【図12】



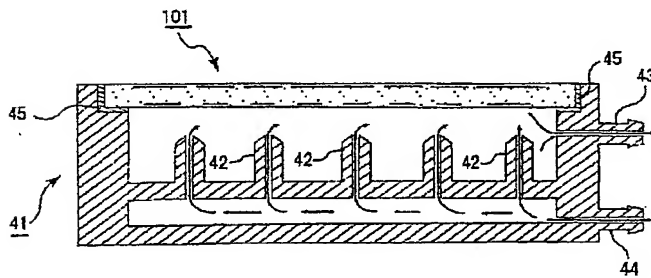
【図9】



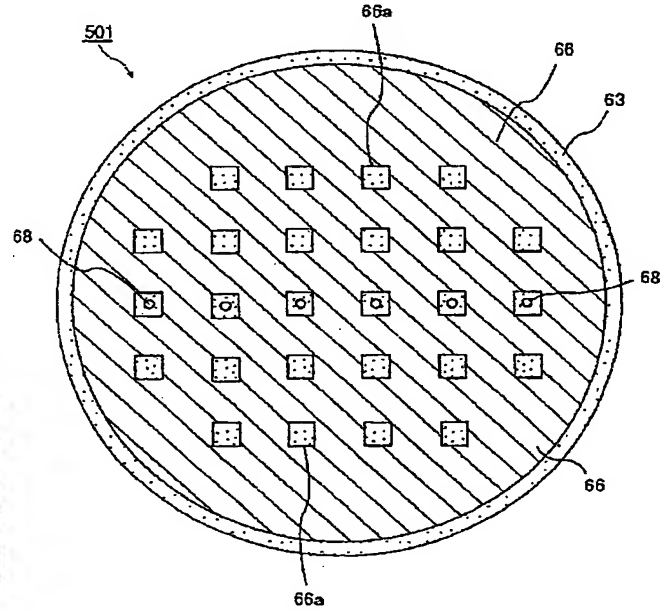
【図10】



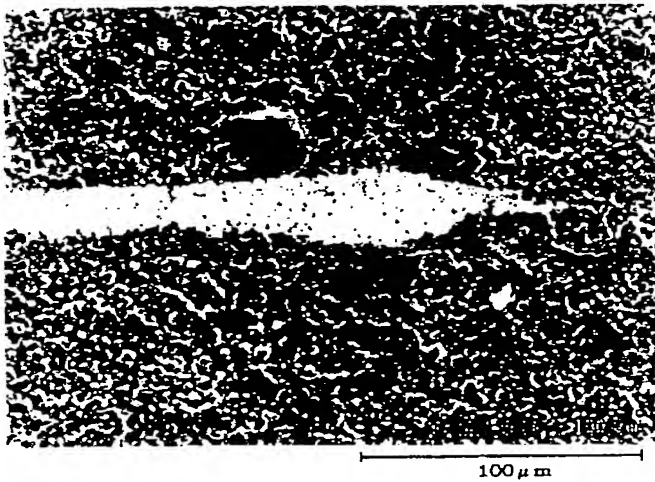
【図11】



【図13】



【図14】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターマコード (参考)

H 0 5 B 3/20

3 2 8

H 0 5 B 3/20

3 2 8

Fターム (参考) 3C016 GA10

3K034 AA03 AA10 AA19 AA21 AA34

AA37 BA06 BB06 BB14 BC04

BC17 CA02 CA15 CA26 DA04

JA01 JA02 JA10

3K092 PP09 QA05 QB04 QB08 QB12

QB30 QB44 QB75 QC02 QC25

QC52 RF03 RF11 RF19 RF27

SS12 SS18 SS31 UA05 VV22

VV34

4M106-AA01 CA31 CA59 DD30 DH44

DJ01

5F031 CA02 HA02 HA03 HA17 HA18

HA37 MA28 MA32 MA33 PA11

**BEST AVAILABLE COPY**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-244320

(43)Date of publication of application : 07.09.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/68  
B23Q 3/15  
H01L 21/66  
H05B 3/12  
H05B 3/18  
H05B 3/20

(21)Application number : 2000-049482

(71)Applicant : IBIDEN CO LTD

(22)Date of filing : 25.02.2000

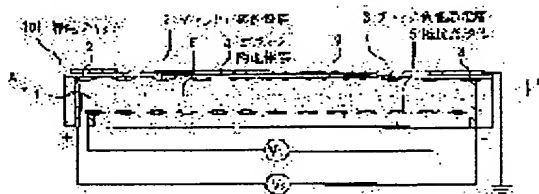
(72)Inventor : HIRAMATSU YASUJI  
ITO YASUTAKA

(54) CERAMIC SUBSTRATE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ceramic substrate which has superior heat distribution and heat shock resistance and provides a high chuck power when used as an electrostatic chuck.

SOLUTION: A ceramic substrate consisting of a conductor layer formed inside is characterized by that a section of an end of the conductor layer is sharply pointed.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**